UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

DIRECCIÓN GENERAL DE ESCUELAS PREPARATORIAS

ACADEMIA DE BIOLOGÍA

BIOLOGÍA CELULAR // PLAN 2018

Ciclo escolar 2020-2021

TEXTO DE ACOMPAÑAMIENTO PARA ACTIVIDADES A DISTANCIA

UNIDAD IV – Regulación de las funciones celulares

Elaborado por:
Alejandra Utrilla Quiroz
Carolina Pérez Angulo
Mónica Rosario Álvarez Martínez
Amada Aleyda Angulo Rodríguez
Alma Rebeca Galindo Uriarte

Unidad 4 | Regulación de las funciones celulares

10 + 1* hrs.

Competencias genéricas	Atributos	Criterios de aprendizaje
5. Desarrolla innovaciones y propone soluciones a problemas a partir de métodos establecidos.	5.5* Elabora conclusiones y formula nuevas interrogantes, a partir de retomar evidencias teóricas y empíricas.	Elabora conclusiones y formula nuevas interrogantes, en sus diferentes trabajos teniendo en cuenta las evidencias teóricas y/o empíricas.
7. Aprende por iniciativa e interés propio a lo largo de la vida.	7.3 Articula saberes de diversos campos y establece relaciones entre ellos y su vida cotidiana.	Plantea alternativas que contribuyen al desarrollo natural y/o social de su contexto, recuperando las aportaciones de diversos campos disciplinares.
8. Participa y colabora de manera efectiva en equipos diversos.	8.2 Aporta puntos de vista con apertura y considera los de otras personas de manera reflexiva.	Expresa opiniones sobre temas diversos, considerando la opinión de sus compañeros de manera crítica y reflexiva.

Competencia disciplinar extendida	Criterio de aprendizaje
CEE-7. Resuelve problemas establecidos o reales de su entorno, utilizando las ciencias experimentales para la comprensión y mejora del mismo.	Resuelve problemas establecidos o reales de su entorno, utilizando el conocimiento de las funciones celulares, para la comprensión y mejora del mismo.
CEE-10. Aplica normas de seguridad para disminuir riesgos y daños a sí mismo y a la naturaleza, en el uso y manejo de sustancias, instrumentos y equipos en cualquier contexto*.	Aplica normas de seguridad para disminuir riesgos y daños a sí mismo y a la naturaleza, mediante el uso y manejo adecuado de sustancias, instrumentos y equipos, al realizar actividades experimentales relacionadas con biología celular.

** Se evalúan con la actividad experimental.*

Propósito de la unidad

Explica los procesos en los que participa el núcleo para valorar su función en la reproducción y regulación de las actividades celulares, a partir del análisis de estudios o situaciones de la vida cotidiana.

Evaluación diagnóstica

Contesta las preguntas usando sólo tus conocimientos previos, sin consultar ninguna fuente para responder siendo honesto con tus respuestas.

1. Describe el núcleo celular.
   _____
   _____
2. Explica la diferencia entre número cromosómico haploide y diploide.
   _____
   _____
3. Explica la profase I.
   _____
   _____
4. Menciona las diferencias entre mitosis y meiosis.
   _____
   _____
5. Observa el núcleo de la figura 6.3. ¿En qué fase del ciclo celular se encuentra?_____
   _____
6. Si el número cromosómico diploide del camello es 74. ¿cuántas tétradas se forman en la pro- fase I? _____ ¿Cuántas cromátidas en total?_____.
7. ¿Qué diferencia existe entre espermatogénesis y ovogénesis?
   _____
   _____
8. ¿Qué función desempeñan las citoquininas?
   _____
   _____
9. ¿Qué ventajas tiene la meiosis sobre la mitosis?
   _____
   _____

4.1.Núcleo

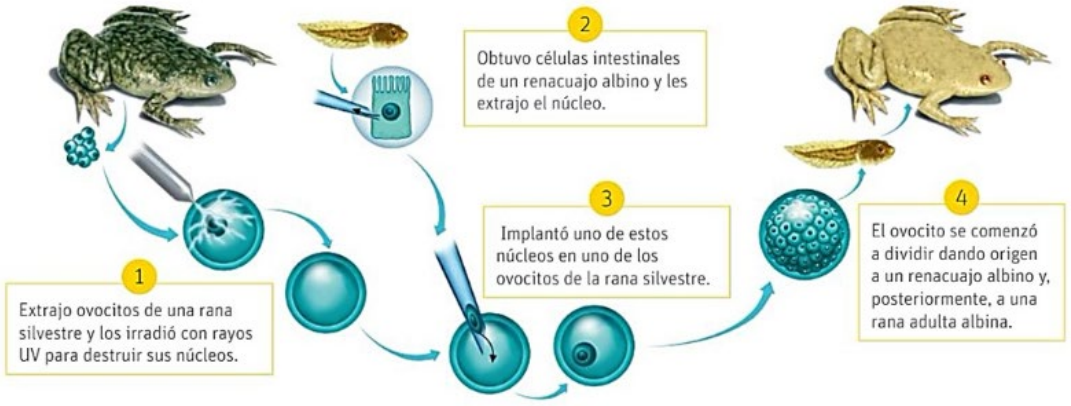
El núcleo es el organelo más voluminoso en las células eucarióticas, está delimitado por una envoltura nuclear formada por dos membranas concéntricas. Generalmente el núcleo ocupa una posición central, en las células. Su forma es variable, puede ser redondo, ovalado o elíptico, como en las neuronas. Presenta un diámetro aproximado de 5 µm. La mayoría de las células poseen un solo núcleo (uninucleadas), pero algunas tienen más de un núcleo, por ejemplo, el género de protozoarios Opalina tiene cientos de núcleos.

En todas las células humanas existe un núcleo con excepción de los glóbulos rojos, pero también hay células binucleadas y plurinucleadas.

Exploro mis conocimientos

Observa el esquema que representa el experimento realizado en 1960 por el científico

inglés John Gurdon, en el que trabajó con ranas de la especie Xenopus laevís, linaje silvestre y albino. Luego, responde las preguntas planteadas en tu cuaderno.



1. De acuerdo al experimento ¿en que estructura celular se encuentra localizada la información genética? Explica.

2. ¿Qué crees que sucedería si se implanta el núcleo de una célula intestinal de una rana silvestre a un ovocito de una rana albina? Explica.

3. ¿Por qué es importante aplicar rayos UV a los ovocitos en este experimento? explica

4. Comenten sus repuestas con el resto del grupo y discutan sobre la importancia del núcleo celular.

Actividad de inicio

1.Indaga en tu guía de texto o en diversas fuentes bibliográficas, sobre la estructura del núcleo celuar, elabora una tabla con cada una de sus parte y sus características:

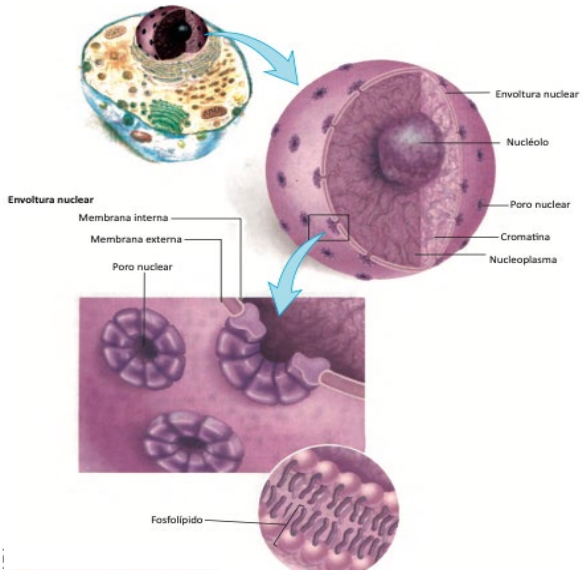
Estructura nuclear	Características
Envoltura nuclear	
Nucleoplasma	
Nucléolo	
Cromatina	
Cromosomas	

1.2. Estructura nuclear

En el núcleo se encuentra el ADN genómico o genoma de la célula. Este es el conjunto de información genética que un organismo lleva en su Adn. El genoma humano está incluido dentro de dos organelos diferentes: el núcleo y la mitocondria. El genoma contiene unos 25,000 genes, codificados en el Adn, se encuentra repartido en una serie de cromosomas lineales dentro del núcleo de la célula, y comprende el material genético tanto de origen paterno como materno. Mientras que el Adn mitocondrial contiene 37 genes que son esenciales para el funcionamiento normal de la mitocondria y su origen es exclusivamente materno.

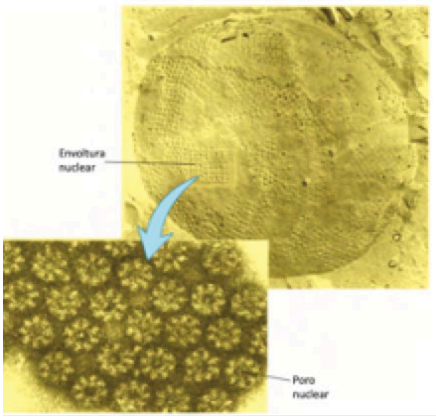
El ADN en cada célula contiene todas las instrucciones necesarias para dirigir el crecimiento y el desarrollo de las células, para moldear un organismo y para mantener las células en funcionamiento mientras viva el individuo.

Las partes que integran al núcleo celular son: envoltura nuclear, nucleoplasma, nucléolos y material genético (cromatina o cromosomas).



4.2.1 Envoltura nuclear

La envoltura nuclear está integrada por dos membranas concéntricas que separan el contenido nuclear del citoplasma circundante. Al igual que la membrana plasmática, las membranas de la envoltura nuclear están constituidas de una doble capa de fosfolípidos. Estas membranas tienen una separación entre ellas de 20-40 nm.



Micrografía electrónica de la membrana nuclear y de los poros nucleares que esta posee. Cada poro está formado por 8 proteínas, los poros nucleares sirven para que las sustancias pasen del interior al exterior y viceversa.

Las dos membranas nucleares se unen a intervalos para formar los poros nucleares. Con el microscopio electrónico se pueden observarlos complejos proteínicos que forman a los poros nucleares. Estos miden 100 nm de diámetro. La función de los poros nucleares es regular el paso de materiales entre el núcleo y el citoplasma.

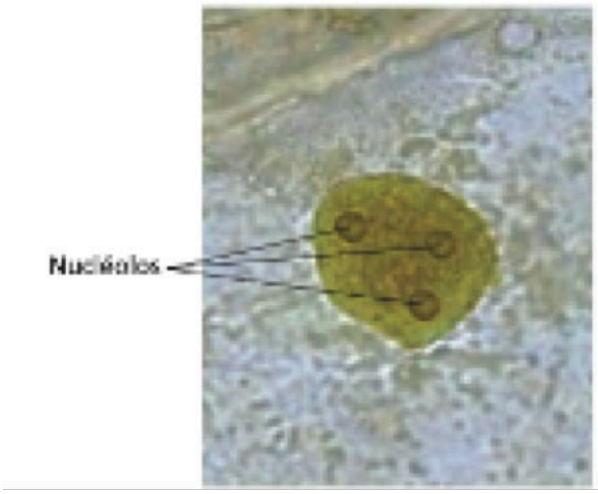
En la mayoría de las células, la membrana nuclear externa se continúa con el retículo endoplásmico rugoso.

4.2.2 Nucléolo

Antes de definir el nulceólo es importante conocer la nucleoplasma. Es la matriz semifluida del núcleo. En el nucleoplasma se encuentran el material genético y los nucléolos. Está organizado por la lámina nuclear, el armazón de proteínas del nucleoplasma que está compuesto principalmente de filamentos intermedios.

Nucléolo

La mayoría de los núcleos poseen una o más (por lo general dos) estructuras compactas denominadas nucléolos.
Los nucléolos pueden llegar a representar un 25% del volumen total nuclear. Un nucléolo es una región oscura de la cromatina, donde el ARN ribosomal es sintetizado y la subunidades de los ribosomas son ensambladas. El nucléolo no está rodeado de membranas y normalmente se tiñe diferente a la cromatina que lo rodea. Cada nucléolo contiene un organizador nucleolar formado por regiones cromosómicas que contienen instrucciones para sintetizar el ARN ribosómico. Recuerda que un ribosoma está constituido de ARN ribosómico y proteínas. Estas proteínas son sintetizadas en los ribosomas que se encuentran en el citoplasma ya sea libres o adheridos al retículo endoplásmico. Una vez que son sintetizadas estas proteínas, pasan del citoplasma al núcleo para que en los nucléolos se unan al ARNr y se ensamblen las dos subunidades de los ribosomas (50S y 30S). después de que están formados los ribosomas, salen del núcleo hacia el citoplasma, a través de los poros nucleares.



Núcleo de una célula epidérmica de cebolla que muestra tres nucléolos.

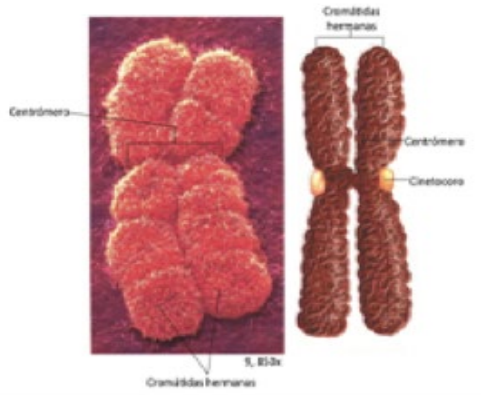
4.2.3 Cromatina

El núcleo tiene cromatina en una matriz semifluida llamada nucleoplasma. El ADN se asocia a proteínas formando un complejo conocido como cromatina, que se observa como una red de gránulos y hebras en el núcleo de las células que no están en división (interfase). Aunque la cromatina parece desorganizada, no es así, ya que las moléculas de ADN son extremadamente delgadas y largas. Justo antes de que la célula se divida, las hebras de cromatina se empaquetan dentro del núcleo de una manera muy regular como parte de unas estructuras llamadas cromosomas.

4.2.4 Cromosomas

Los cromosomas se hacen visibles como estructuras filamentosas diferenciadas, es decir, la cromatina se observa laxa, pero cuando inicia la división celular, la cromatina se condensa (compacta) y recibe el nombre de cromosomas.

Cada cromosoma está formado por un par de cromátidas hermanas que contienen secuencias de Adn de cadena doble idénticas. Cada cromátida contiene una región constreñida (angosta) llamada centrómero. Las cromátidas hermanas están estrechamente asociadas entre sí en la vecindad de sus centrómeros. La base química de esta asociación estrecha entre centrómeros son unas secuencias específicas (nucleótidos Por ejemplo, las cromátidas hermanas están físicamente unidas por un complejo de proteínas con forma de anillo llamadas cohesinas.



Micrografía electrónica de un cromosoma doble y su dibujo respectivo.Cada una de las cromátidas hermanas está formada por fibras de cromatina altamente enrrollada. Las cromátidas hermanas se asocian estrechamente en sus regiones centroméricas.

Estas cohesinas se extienden a lo largo de los brazos de la cromátida hermana y se concentran especialmente en el centrómero.

Unido a cada centrómero, se localiza el cinetocoro, un complejo multiproteínico al cual se pueden unir los microtúbulos. Estos microtúbulos participan en la distribución de ADN) y unas proteínas que se unen a dichas secuencias.

Los cromosomas que se encuentran en el núcleo celular son los principales transportadores de la información genética en los eucariontes. El término cromosoma significa "cuerpo coloreado", aunque son aparentemente incoloros. Este término hace referencia a su capacidad de teñirse con diferentes colorantes. En la década de 1880, los microscopios ópticos habían mejorado tanto que científicos, como por ejemplo, el biólogo alemán Walter Fleming empezaron a observar los cromosomas durante la división celular.

En 1909, el biólogo americano Walter Sutton y el biólogo alemán Theodor Boveri observaron independientemente que los cromosomas eran los portadores físicos de los genes, los factores genéticos que Gregor Mendel descubrió en el siglo XIX.

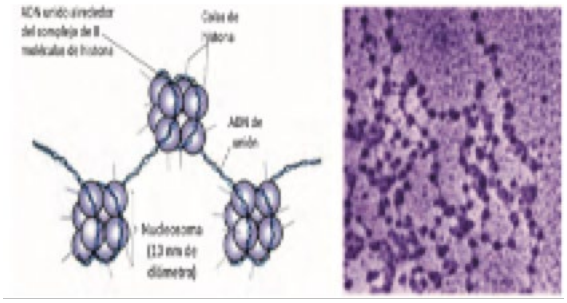
Las células preexistentes se dividen para formar nuevas células. Este importante proceso permite que un organismo pluricelular crezca y un organismo unicelular se reproduzca. La célula más sencilla contiene codificada de forma muy precisa una gran cantidad de información genética en la molécula de ADN, comúnmente conocida como genoma del organismo. El genoma de un individuo se organiza en unidades de información denominadas genes, que controlan las actividades celulares y se transmiten a sus descendientes.

El genoma de un organismo puede contener centenares o incluso miles de genes. Por ejemplo, el Proyecto Genoma Humano estima que los humanos, poseemos alrededor de 25,000 genes que codifican proteínas. Un gen contiene la información necesaria para realizar una o más funciones específicas. Por ejemplo, los genes controlan lo largo de los dedos, el color de los ojos, la forma de la nariz, etc.

El ADN se empaqueta de una manera muy organizada en los cromosomas de las células eucariontes, en forma de cromosomas. ciertas proteínas conocidas como histonas facilitan el empaquetamiento del cromosoma. Las histonas tienen carga

positiva porque están formadas de una alta proporción de aminoácidos con cadenas laterales básicas (lisina y arginina). Las histonas cargadas positivamente se asocian al Adn que tiene carga negativa a causa de sus grupos fosfato, para formar unas estructuras denominadas nucleosomas.

La unidad fundamental de los nucleosomas consiste en una estructura parecida a una perla. El ADN con los nucleosomas parece un collar de perlas, donde cada perla sería un nucleosoma.



Modelo de tres nucleosomas. El ADN que envuelve al complejo de 8 histonas contiene 146 pares de nucleótidos; los nucleosomas están unidos entre sí por otro segmento de ADN de 60 pares de nucleótidos. A la derecha, una micrografía electrónica de los nucleosomas.

Cada nucleosoma está formado por 8 moléculas de histona (dos de cada uno de los cuatro tipos de histonas diferentes: H3, H4, H2A y H2B, formando un centro proteínico alrededor del cual se enrolla la doble cadena de ADN. El ADN que envuelve a las histonas tiene un tamaño de 146 pares de nucleótidos; los nucleosomas están unidos entre sí por otro segmento de ADN de alrededor de 60 pares de nucleótidos (ADN de unión).

Los nucleosomas funcionan como pequeñas bobinas que evitan que la cadena de Adn se enrede. Existen otras proteínas (que no son histonas) que permiten mantener la estructura del cromosoma, las proteínas de andamiaje. Las histonas forman parte importante del proceso de la regulación de la expresión génica, es decir, de si los genes se expresan o no.

El empaquetamiento del ADN en forma de nucleosomas representa el primer nivel de estructura del cromosoma. Los nucleosomas tienen un diámetro de 11 nm. El estado de nucleosoma empaquetado tiene lugar cuando el quinto tipo de histona, conocida como histona H1, se asocia con el ADN de unión, permitiendo que los nucleosomas adyacentes se unan y formen una fibra de cromatina compacta de 30 nm.

En la cromatina extendida (laxa), estas fibras forman unos bucles grandes unidos entre ellos por las proteínas de andamiaje. Estos bucles interaccionan para formar la cromatina condensada que se encuentra en los cromosomas.

Los biólogos celulares han identificado un grupo de proteínas llamadas **condensinas** que son indispensables para compactar el ADN. La condensina se une al ADN y lo envuelve en unos bucles que se compactan para formar un cromosoma mitótico o meiótico.

Todas las células de un individuo contienen el mismo número de cromosomas, excepto los óvulos y los espermatozoides, los cuales tienen la mitad del número de cromosomas. La cromatina y los cromosomas contienen ADN, proteínas y algo de ARn (ácido ribonucleico). Sin embargo, lo que determina que cada especie sea única no es el número de cromosomas, sino la información que está codificada en los genes.

Al desenrollar el ADN de los 46 cromosomas humanos este mediría aproximadamente 2 metros.

Las **células somáticas** (corporales) del ser humano tienen exactamente 46 cromosomas. El árbol de olivo también tiene 46 cromosomas. Algunas personas tienen una composición anormal de cromosomas (más de 46 o menos de 46 cromosomas). Algunos helechos tienen más de 1,000 cromosomas mientras que una especie de nematodo solo tiene 2 cromosomas. La mayor parte de las especies de vegetales y animales poseen entre 8 y 50 cromosomas por célula somática.

Si se pudiera extender el ADN de los 46 cromosomas de una célula humana, mediría 2 metros.

Actividad de aprendizaje

1. Lee con atención la lectura anterior, revisa cuales son la parte del núcleo y sus características.
2. Formen equipos de trabajo. Indaguen en diversos sitios web, investigaciones a nivel de núcleo celular (mínimamente 3, nacionales e internacionales), donde sus aportes puedan concoer o resolver problemas a algunas enfermedades. (cáncer,carcinomas, dengue, terapia génica,VIH, entre otros).
3. Realicen un cuadro resumen donde concentren la información localizada.

Nombre de la Investigación.	Autores	En que consiste	Aportes	Dirección electrónica
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

4. Comenten en el equipo los resultados de las investigaciones.
5. Elaboren sus conclusiones sobre lo investigado y el papel que juega el núcleo dentro de la célula.
6. Presenten la información al grupo, a través de un programa noticiero donde comuniquen los resultados de estas investigaciones y sus conclusiones.
7. Seleccionen un sitio web donde puedan subir sus programas (el docente puede sugerir).

4.3 Funciones del núcleo

Debido al tamaño del núcleo (el más grande de los organelos) y que en la mayoría de las células se encuentra ubicado en una posición relativamente fija próxima al centro de la célula, algunos de los primeros investigadores supusieron, mucho antes de que se dispusiera de evidencias experimentales, que el núcleo funcionaba como centro de control.

Las células almacenan información en una molécula de ácido desoxirribonucleico (ADN) y la mayor parte del ADN de las células se encuentra dentro del núcleo. cuando una célula se divide, la información almacenada en el ADN se replica para pasar intacta a las dos células hijas. Las mo léculas de ADN están formadas por genes (secuencias de nucleótidos) que contienen las instrucciones químicamente codificadas para elaborar las proteínas que necesita la célula, es decir, los genes son las unidades de herencia de los cromosomas. El ADN del núcleo controla la síntesis de proteínas transcribiendo su información en forma de ARn mensajero (ARNm), este sale del núcleo a través de los poros de la envoltura nuclear para trasladarse al citoplasma, específicamente a los ribosomas en donde se sintetizan las proteínas.

Los tres tipos de ARN (ribosómico, mensajero y de transferencia) son sintetizados en el núcleo.

Exploro mis conocimientos

María Fernández, de 25 años, en las últimas semanas se ha sentido indispuesta, presenta mareos, malestar general, se siente un poco cansada, hasta tuvo un desmayo. Decidio ir al médico y este le recoendo se prácticara un estudios de laboratorio, entre ellos uno de sangre, descubriendo con ello, que presentan alteración algunas de sus células sanguíneas (leucocitos), la cantidad de ellos es muy elevedo, se reproducen rápidamente y se acumulan en diferentes partes de su cuerpo.

1.¿Qué enfermedad prodría diagnósticar le daría el Médico a María?

2.¿Qué proceso es el que realizan sus células sanguíneas cada vez que se reproducen?

3.¿Qué relación tiene su enfermedad con el ciclo celular?

4.¿Existirán tratamientos y avances tecnológicos que permitan tratar enfermedades como la de María.

5. Si su enfermedad está relacionada con su ADN, ¿podría tenerla también sus hijos, cuando los llegue a tener?, ¿por qué?

6. En qué parte del proceso de reproducción celular se puede heredar enfermedades a sus hijos.

Actividad de inicio

1. Indaga en tu material escrito de Biología Celular o en diferentes páginas electrónicas la siguiente información:
2. ¿Qué es el ciclo celular y cuáles son sus etapas?
3. ¿Qué importancia tiene el ciclo celuar; es decir, qué pasaría si las células no lo presentarán?
4. ¿Qué alteraciones en el organismos se pueden presentar relacionadas con el ciclo celular?
5. Con la información recabada anteriormente, elabora un mapa de ideas, que incluya

dibujos que ejemplifiquen los conceptos.

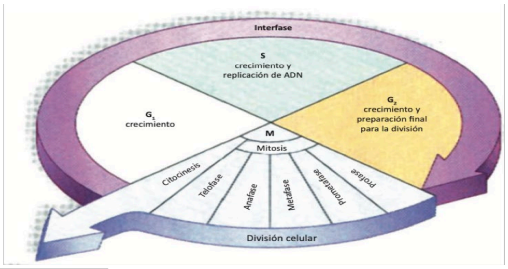
6. Comparte tus esquemas con tus compañeros

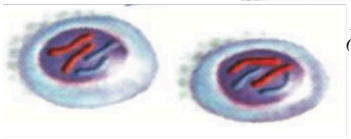
4.3.1 Ciclo celular

Las etapas por las que una célula debe pasar entre una división y otra se conoce con el nombre de ciclo celular. Bajo condiciones óptimas de nutrición, temperatura y pH, la duración del ciclo celular eucarionte es constante para cada tipo celular.

El tiempo que dura un ciclo celular varía entre especies y entre distintos tejidos de la misma especie. En una célula vegetal o animal que crece activamente es de 8 a 20 horas.

Cuando las células alcanzan cierto tamaño, deben dejar de crecer o bien dividirse. No todas las células se dividen, por ejemplo los glóbulos rojos normalmente no se dividen una vez maduros. Algunas células del músculo esquelético dejan de dividirse después de los primeros meses de vida, mientras que las células del tracto digestivo y las células de la piel se dividen frecuentemente a lo largo de la vida de un organismo.





Esquema del ciclo celular. Este consta de interfase (G_1, S y G_2) y fase M (mitosis y citocinesis).

El ciclo celular consta de dos fases principales: la interfase y la fase M.

La interfase es la etapa en la que la célula no se divide y pasa la mayor parte de su vida. La fase M consta de dos procesos principales: la mitosis (división celular) y la citocinesis (división del citoplasma).

Interfase

Una célula que es capaz de dividirse, es muy activa durante la interfase, ya que sintetiza las moléculas necesarias (proteínas, lípidos y otras moléculas de importancia biológica) y crece. Durante la interfase se lleva a cabo el crecimiento celular ya que la célula duplica todos sus organelos y moléculas. Está integrada por fase G_1, fase S y fase G_2.

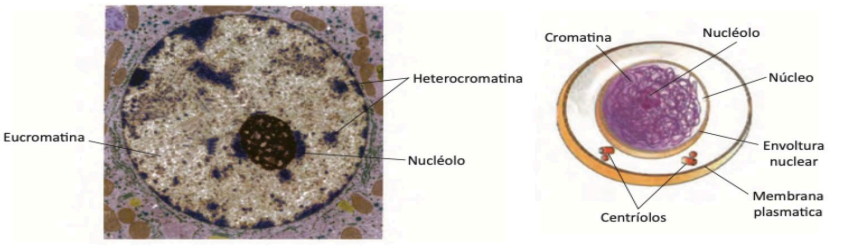
G corresponde a gap que significa intervalo en inglés, porque se trata de una fase de ciclo celular durante el cual no hay síntesis de ADN.

Fase G_1. Es el tiempo que transcurre entre el final de la mitosis y el principio de la fase S. Esta fase es típicamente la más larga y en ella se realiza el crecimiento y el metabolismo normal de la célula. Cabe aclarar que las células que no se dividen normalmente se detienen en esta fase de la interfase (G_1) y se encuentran en un estado denominado G_0. Hacia el final de la fase G_1, las enzimas necesarias para la síntesis de ADN se vuelven más activas. La síntesis de estas enzimas y de las proteínas necesarias para la división celular, permiten que la célula entre a la fase S.

Fase S. Es la fase de síntesis de ADN y de histonas para que la célula pueda tener copias duplicadas de sus cromosomas. A principio de la década de 1950, los investigadores demostraron que las células que se preparaban para dividirse, duplicaban sus cromosomas en un tiempo muy restringido de la interfase y no durante la mitosis, como se había creído hasta entonces.

Fase G_2. Una vez completada la fase S, la célula entra en una segunda fase intervalo, la fase G_2 en la que aumenta la síntesis de proteínas al mismo tiempo que se realizan los pasos finales de preparación de la célula para la división. En muchas células, la **fase G_2** es corta en comparación con la **fase S y G_1**.

Al observar al microscopio las células, se identifican fácilmente las que están en interfase, porque el núcleo posee nucléolo(s) y membrana nuclear. El Adn es laxo, es decir esta en forma de cromatina. Mediante las micrografías, se observan regiones de la cromatina que están más condensadas y obscuras. Esta cromatina se denomina heterocromatina y es considerada cromatina inactiva. Un ejemplo de esta es el corpúsculo de Barr. La eucromatina es la cromatina activa, se condensa solo durante división celular (mitosis y meiosis) para transformarse en cromosomas.



A la izquierda se muestra una micrografía de un núcleo celular en interfase para diferenciar la eucroma- tina de la heterocromatina. A la derecha, un dibujo ilustrativo de una célula en interfase.

Fase M
La fase M consta de dos procesos principales que son la mitosis y la citocinesis.

4.3.1.1 Reproducción celular

4.3.1.1.1 Mitosis

La mitosis es un proceso altamente organizado que permite que una célula progenitora transmita una copia de cada cromosoma a cada una de sus células hijas, es decir, los dos

nuevos núcleos reciben el mismo número y tipo de cromosomas característicos del núcleo original.

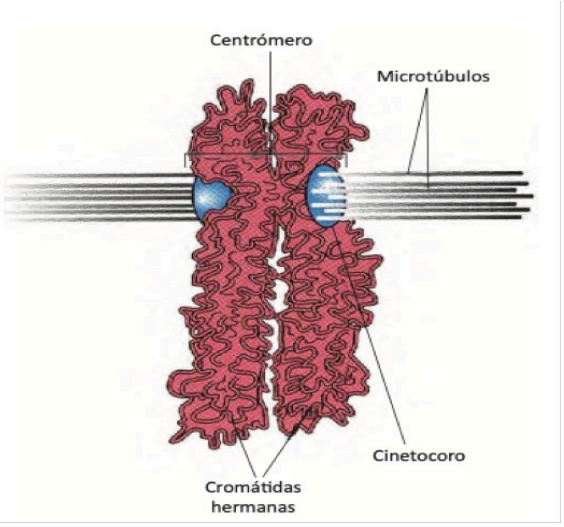
La mitosis inicia al finalizar la fase G_2. **La mitosis** en realidad es un ciclo continuo, pero con fines didácticos se divide en cinco etapas**: profase, prometafase, metafase, anafase y telofase.**

Profase

La primera etapa de la mitosis, la profase se inicia en el momento en el que las largas hebras de cromatina empiezan un proceso de condensación (enrollamiento) que las hace más gruesas y cortas. Una vez que se ha producido la condensación, la cromatina recibe el nombre de cromosomas.

Además, cuando inicia la profase, llamada profase temprana, empiezan a desaparecer los nucleólos y la membrana nuclear está fragmentada. cuando ya termina la profase (profase tardía), ya no se observan los nucleólos y la membrana nuclear está desintegrada.

Cuando se tiñen los cromosomas con determinados colorantes y se observan en el microscopio óptico, son visibles como unos cuerpos oscuros a medida que progresa la profase. En este momento es aparente que cada cromosoma.se duplicó durante la fase S de la interfase precedente. Cada cromosoma está forma-do por una par de cromátidas hermanas que contienen secuencias de ADN de doble cadena idénticas. Cada cromátida contiene una región muy angosta llamada centrómero. Unido a cada centrómero, se encuentra el cinetocoro, al cual se unen los microtúbulos, estos, participan en la distribución de los cromosomas durante la mitosis, en la que una copia de cada cromosoma se reparte a cada célula hija.

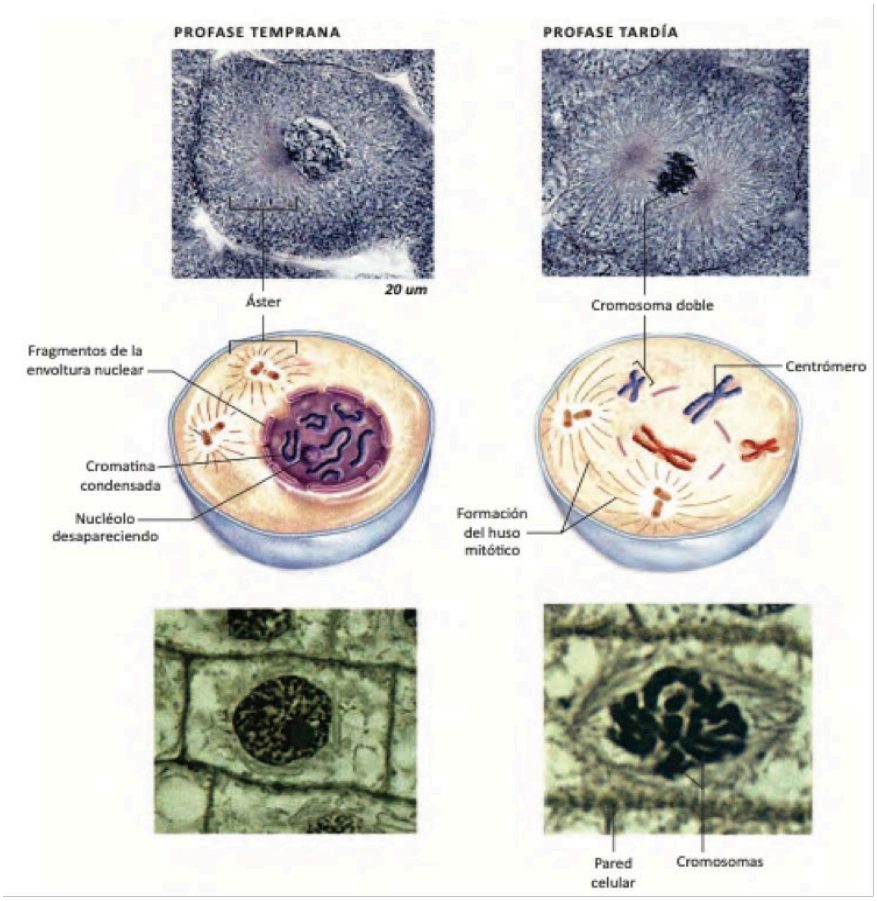


Cromátidas hermanas. Observa cómo está unido a cada centrómero, el cinetocoro y como a éste se unen los microtúbulos.

Los microtúbulos irradian de cada polo y algunas de estas fibras proteínicas se alargan hasta los cromosomas para formar el huso mitótico. El huso mitótico tiene como función separar los cromosomas duplicados durante la anafase. La organización y función del huso mitótico es debida a la intervención de proteínas motoras y varias moléculas señalizadoras.

Tanto en las células animales como vegetales, cada polo, contiene una región, el **centro organizador de microtúbulos** (COMT), a partir del cual irradian los microtúbulos que forman el husos mitótico. A través del microscopio electrónico se observa que en algunas células vegetales los COMT consisten en unas fibras con poca o ninguna estructura definida. En cambio, las células animales presentan un par de centríolos en el centro de cada COMT. Los centríolos están rodeados por fibrillas que forman el material

pericentriolar. Los microtúbulos del huso terminan en el material pericentriolar pero no llegan a tocar los centríolos.

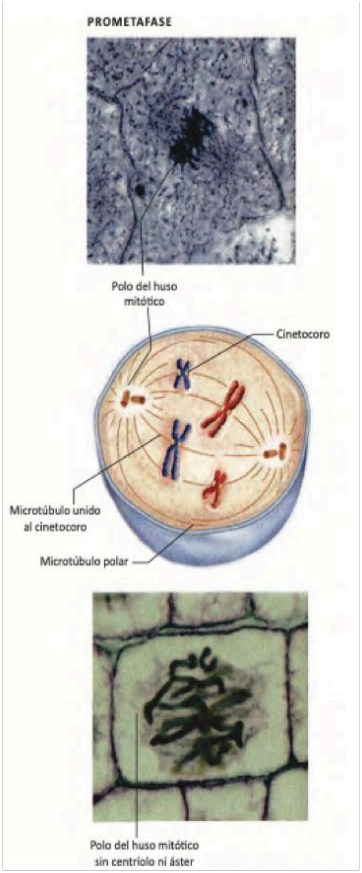


Profase. En la parte superior se muestra una micrografía de una célula animal. Al centro, un dibujo ilustrativo de la misma y en la parte de abajo, una micrografía de una célula vegetal.

Cada centríolo se duplica durante la interfase, originando dos pares de centríolos. cuando ya está avanzada la profase, los microtúbulos irradian desde el material pericentriolar (que rodea a los centríolos); estos conjuntos de microtúbulos se conocen como ásteres. Los dos ásteres migran a lados opuestos del núcleo, estableciendo así los dos polos del huso mitótico. Como las células vegetales no poseen centríolos, forman el huso mitótico pero sin áster.

Prometafase

A la segunda fase de la mitosis se le conoce como prometafase. Esta fase inicia cuando la envoltura nuclear ha sido desintegrada y se internaliza en vesículas para usarla más tarde. El huso mitótico está totalmente formado. Al inicio de la prometafase, los cromosomas duplicados están esparcidos por toda la región nuclear. Los microtúbulos del huso crecen y tienen movimientos dinámicos y aleatorios que les dan una apariencia de ir "buscando" a los cromosomas. Si un microtúbulo se acerca a un centrómero, es "capturado" por uno de los cinetocoros del cromosoma duplicado.



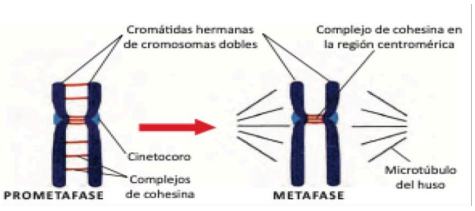
Durante el movimiento de los cromosomas hacia el plano medio de la célula, los microtúbulos se acortan gracias a la eliminación de subuniddes de tubulina, y los microtúbulos cortos se alargan por la adición de subunidades de tubulina. Este acortamiento y alargamiento tiene lugar mientras el microtúbulo sigue unido firmemente al cinetocoro.

Resumiendo, durante la prometafase, las cromátidas hermanas de cada cromosoma duplicado se unen mediante los cinetocoros a los mi- crotúbulos del huso mitótico que se extienden desde los polos opuestos de la célula; los cromosomas inician a deslizarse hacia el plano medio de la célula. A medida que la célula avanza de prometafase a metafase, las co- hesinas (complejo de proteínas con forma de anillo que unen a las cromátidas hermanas) se disocian de los brazos de las cromátidas hermanas, uniendo solamente la región centromérica.

Prometafase. En la parte superior se muestra una micrografía de una célula animal, en la parte central un dibujo ilustrativo de la misma, y en la parte inferior una micrografía de una célula vegetal.

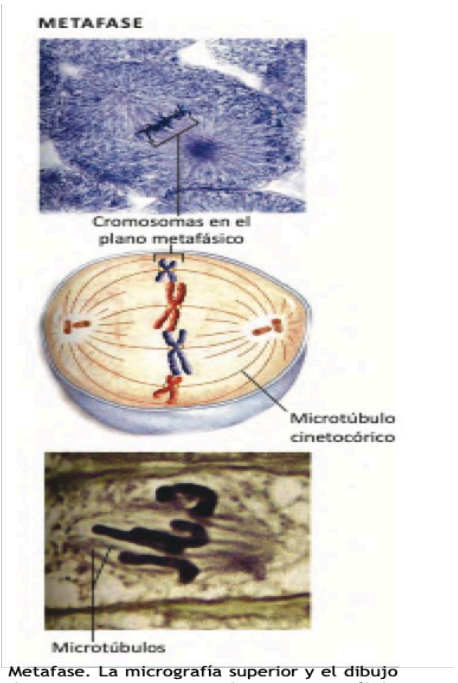
Metafase

Durante la tercera fase de la mitosis, la metafase, todos los cromosomas se alinean en el plano medio o placa metafásica. Una de las dos cromátidas hermanas de cada cromosoma está unida a través de su cinetocoro, a los microtúbulos de un polo y su cromátida hermana lo está, a los microtúbulos del polo opuesto.



Dibujo de las cohesinas. A medida que avanza la mitosis, de prometafase a metafase, las cohesinas se disocian de los brazos de los cromosomas duplicados, quedando solo unidas de la región centromérica.

El huso mitótico está constituido de dos tipos de microtúbulos: los polares y los cinetocóricos. Los microtúbulos polares, también son conocidos como no-cinetocóricos, debido a que no están unidos a los cinetocoros de los cromosomas, sino que se extienden de cada polo de la región ecuatorial, donde se superponen entre ellos. Los microtúbulos cinetocóricos se extienden de cada polo y se unen a los cinetocoros de los cromosomas.



Metafase. La micrografía superior y el dibujo ilustrativo corres- ponden a una célula animal. La micro- grafía inferior es de una célula vegetal.

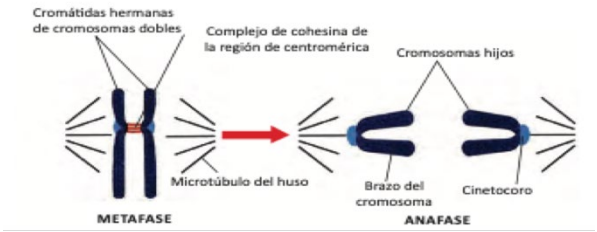
Durante la metafase cada cromátida está completamente condensada (gruesa), por lo que son fácilmente distinguibles. Esto se aprovecha para fotografiar los cariogramas, que se obtienen al romper las membranas nucleares en metafase, mediante técnicas especiales y establecer el cariotipo, cuando existen sospechas de posibles alteraciones cromosómicas.

A medida que la célula mitótica avanza de metafase a anafase, las cohesinas restantes que unen a las cromátidas hermanas en la región centromérica, se van disociando.

Anafase

La anafase empieza a medida que se separan las cromátidas hermanas.

Una vez que las cromátidas ya no están unidas entre sí, cada cromátida pasa a ser un cromosoma.

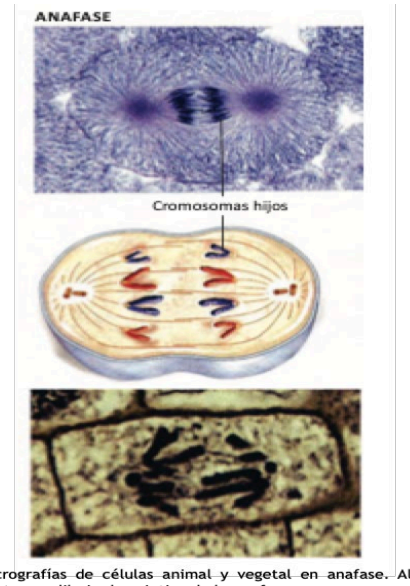


Las cohesinas se disocian completamente de la región centromérica, para permitir que los cromosomas hijos se separen unos de otros durante la anafase.

Estos cromosomas se desplazan a polos opuestos usando los microtúbulos del huso como guías. Los cinetocoros que todavía permanecen unidos a los microtúbulos cinetocóricos, dirigen el camino, por delante de los brazos de los cromosomas. Los

cromosomas adquieren una forma de "V" con el vértice apuntando hacia el polo. En el vértice de la "V" se encuentra el cinetocoro. La anafase finaliza cuando todos los cromosomas llegan a los polos.

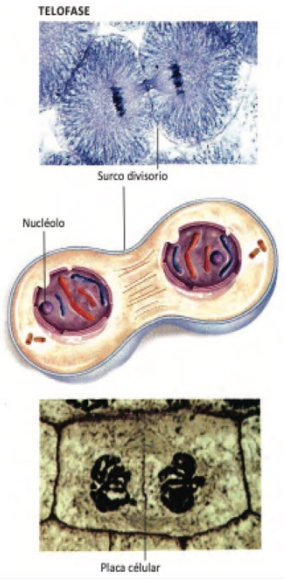
Los biólogos celulares han logrado interpretar el mecanismo el mecanismo global del desplazamiento de los cromosomas durante la anafase. Los movimientos de los cromosomas se estudian de diversas maneras. Es posible determinar el número de microtúbulos de una etapa específica o después de ciertos tratamientos mediante el análisis detenido de micrografías electrónicas. Los bió- logos celulares son capaces de perturbar físicamente las células vivas en división mediante rayos laser o con dispositivos mecánicos conocidos como micromanipuladores. Un investigador capacitado puede mover los cromosomas, romper sus uniones con los microtúbulos, e incluso, extraerlos de las células.



Micrografías de células animal y vegetal en anafase. Al centro un dibujo descriptivo de la anafase.

Telofase

Una vez que los cromosomas ya han llegado a sus respectivos polos, inicia la etapa final de la mitosis, la telofase. Esta fase se caracteriza por el retorno a las condiciones de la interfase, es decir, los cromosomas se descondensan mediante desenrrollamiento y ya no se llamarían cromosomas sino nuevamente cromatina (hebras delgadas y largas).



Telofase. Los cromosomas se desconden- san y las envolturas nucleares vuelven a formarse así como también los nucléolos.

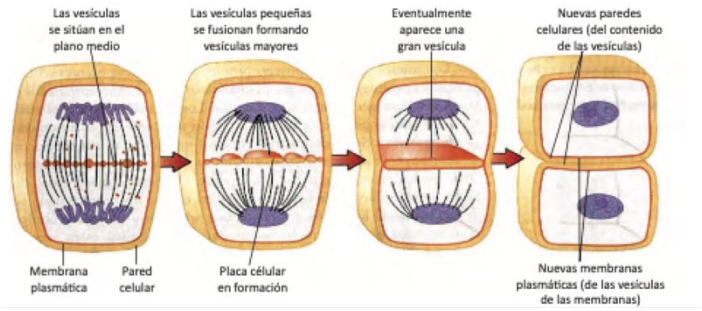
Se forma una nueva envoltura nuclear alrededor de cada cromatina, dando origen a dos nuevos núcleos. Las dos nuevas envolturas nucleares se forman con las pequeñas vesículas procedentes de la envoltura nuclear que fue desintegrada durante la profase. Los microtúbulos del huso mitótico desaparecen y los nucléolos se reorganizan y vuelven a ser visibles.

La mitosis se caracteriza por una destacable regularidad que permite que el núcleo de cada célula hija reciba el mismo número y tipo de cromosomas de la célula progenitora. Si se presenta una disfunción (falla) en la mitosis, entonces una célula recibe menos cromosomas o más cromosomas que el número habitual en su especie. La célula resultante puede presentar anomalías marcadas y a veces ser incapaz de sobrevivir.

Si la mitosis no va seguida de la citocinesis, se forman células multinucleadas; ésta es una condición normal en ciertos tipos celulares. Por ejemplo, el cuerpo de los mohos plasmodiales está formado por una masa de citoplasma multinucleado.

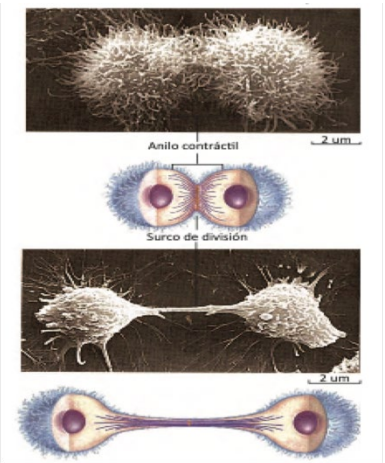
Citocinesis

La citocinesis es la división del citoplasma para originar dos células hijas. La citocinesis normalmente inicia antes de finalizar la mitosis. La citocinesis de una célula animal o de una célula fúngica, inicia con la formación de un anillo contráctil de actiomiosina (actina y miosina), unido a la membrana plasmática rodeando a la célula en su región ecuatorial y perpendicularmente al huso mitótico. El anillo se contrae formando un surco de división que se profundiza de manera gradual y que finalmente separa el citoplasma en dos células hijas, cada una de ellas con un núcleo completo.



Citocinesis en célula vegetal. Los dibujos muestran los procesos en tercera dimensión.

En la citocinesis de las células vegetales se forma la placa celular, una división localizada en la región ecuatorial del huso y que crece lateralmente hacia la pared celular. La placa celular se genera a partir de una línea de vesículas originadas en el complejo de Golgi. Las vesículas contienen materiales para construir la pared celular primaria de cada célula hija así como también una lámina media que une entre sí las paredes celulares primarias. Las membranas de las vesículas se unen para formar las membranas plasmáticas de las células hijas.



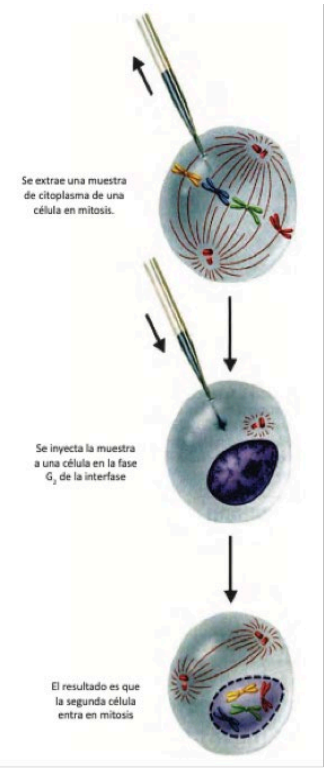
Citocinesis en célula animal. El anillo contráctil genera un surco de división que finalmen- te separa al citoplasma en dos células hijas, cada una de ellas con un núcleo completo.

Reguladores del ciclo celular

Los científicos durante mucho tiempo buscaron una sustancia que pudiera regular el ciclo celular, algo que "informara" a las células que había

llegado la hora de dividirse, duplicar sus cromosomas y proteínas o entrar a otra fase del ciclo celular. Esa sustancia fue encontrada por los biólogos a principio de la década de 1980.

Entre los científicos más destacados están Tim Hunt de Inglaterra y Mark Kirschner de Estados Unidos. Ellos descubrieron que las células en mitosis contienen una proteína que al extraerla e inyectarla a otra célula que no está en mitosis (interfase), produce la formación del huso mitótico. A esta proteína le llamaron ciclina. Se han descubierto una gran variedad de ciclinas que regulan el ritmo del ciclo celular en las células eucariotas. También se han reconocido docenas de otras proteínas que también ayudan a regular el ciclo celular. Las proteínas reguladoras que se encuentran en el interior de las células son los reguladores internos. Estos aseguran que la célula no entre en mitosis hasta que todos los cromosomas se hayan duplicado. Otra proteína reguladora evita que la célula entre en anafase hasta que todos los cromosomas estén ligados al huso mitótico. Las proteínas que responden a los sucesos fuera de la célula son los reguladores externos, ejemplos de estos, son los factores de crecimiento especialmente importantes durante el desarrollo embrionario y la curación de heridas.



Reguladores del ciclo celular. Cuando las ciclinas del citoplasma de una célula en mitosis se inyecta a otra célula que está en interfase, ésta úl- tima célula entra en mitosis. Las ciclinas inician la división celular.

Existen algunas moléculas reguladoras comunes en todos los eucariontes que controlan el ciclo celular. dado que un fallo en el control del ciclo celular tendría consecuencias desastrosas, las señales de estos programas genéticos, llamados puntos de control del ciclo celular, permiten que todos los eventos de una etapa en particular se hayan completado antes de que inicie la siguiente etapa. Por ejemplo, si una célula produce ADN dañado o no duplicado, el ciclo celular se interrumpe y la célula no proseguirá con la mitosis.

Existen algunas hormonas vegetales, las citoquininas, que promueven la mitosis durante el crecimiento normal de una planta y durante la recuperación de una herida. Existen hormonas animales, como los esteroides, que estimulan el crecimiento.

Apoptosis

Para que un organismo multicelular se desarrolle y se mantenga con eficiencia no solo es esencial la producción de nuevas células, sino también un proceso de muerte celular programado genéticamente, llamado **apoptosis**.

Las células terminan su ciclo de vida en una de dos maneras. Una célula puede morir por accidente debido a un daño o lesión, o bien, estar programada para morir por apoptosis.

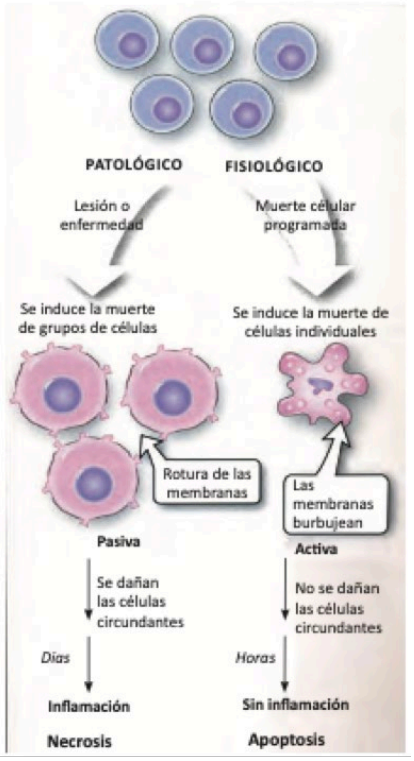
La apoptosis es una secuencia de eventos que da por resultado una fragmentación celular. Los fragmen- tos son fagocitados por glóbulos blancos y por las células de los tejidos circundantes.

La mayoría de las células fabrican las proteínas que causarán su propia destrucción. Estas proteínas letales son una familia de enzimas llamadas caspasas, que degradan proteínas de la lámina nuclear y del citoesqueleto, entre otras, y provocan la muerte de la célula.

Una vez que la apoptosis se inicia, la célula experimenta una serie de pasos controlados que la llevan a su autodestrucción.

Las células que entran en apoptosis se encogen y se separan de sus vecinas, luego las membranas celulares se ondulan y se forman burbujas en su superficie. La cromatina se condensa y los cromosomas se fragmentan; finalmente, las células se dividen en numerosas vesículas, los cuerpos apoptósicos, que serán engullidos por células fagocíticas, los macrófagos.

Un ejemplo de la apoptosis ocurre durante el desarrollo de los pies y las manos en los seres humanos. Las manos y pies de un embrión están palmeadas hasta que el tejido entre los dedos se destruye mediante apoptosis. En el adulto también se presenta esté proceso, por ejemplo, las células de la capa superior de la piel y de la pared intestinal se están destruyendo continuamente y sustituyéndose por células nuevas.



Muerte celular mediante necrosis y apoptosis.

Cuando una célula muere por daño o envenenamiento, proceso denominado **necrosis**, normalmente se hincha y explota, derramando su contenido en el entorno. como consecuencia, se produce una inflamación que recluta leucocitos, y que puede lesionar el tejido normal que la circunda.

A diferencia de la **necrosis**, que es una muerte celular no controlada que causa inflamación y daños a otras células, la apoptosis es una parte normal del desarrollo y mantenimiento del organismo; es un proceso ordenado en el que no se desarrolla un proceso inflamatorio. Es un tipo de muerte activa que requiere gasto de energía por parte de la célula.

Una neoplasia es un crecimiento anormal de células. Una neoplasia benigna no es cáncer. Una neoplasia maligna es cáncer. El cáncer es un crecimiento celular desordenado, las células se dividen de forma incontrolada y se tornan invasivas. El cáncer resulta de la mutación de los genes que regulan el ciclo celular. Esencialmente resulta de la pérdida y alteración del ciclo celular.

Actualmente, el proceso de mitosis es un área activa de investigación biológica. Su mayor conocimiento aumenta la posibilidad de dar tratamientos eficaces para muchas enferm edades.

Actividad de aprendizaje

En esta actividad realizaremos una investigación que nos permitirán comprender el ciclo celular y enfermedades que afectan la salud humana como el cáncer. Para lo cual realizarás lo siguiente:

1. Reúnete en equipos, para realizar una investigación documental acerca de algún tipo de cáncer. Considera lo siguiente:

    a) Las formas de detección de la enfermedad.
    b) Avance científicos-tecnológicos que se utilizan en las estrategias de tratamiento
    c) Las transformaciones que suceden en las células.
    d) Etapas del ciclo celular afectadas con el desarrollo del cáncer.
    e) Agentes mutagénicos físicos, químicos o biológicos que pueden ser factores de riesgo para desarrollar cáncer en seres humanos.
    f) Estadísticas de la enfermedad en México

2. Comenten los resultados de su investigación, escriban un reporte de la misma e incluya sus conclusiones sobre la importancia del ciclo celular en los procesos del seres vivos y en la prevención o curación de enfermedades.
3. Compartan sus resultados con el grupo.

Reproducción sexual y meiosis

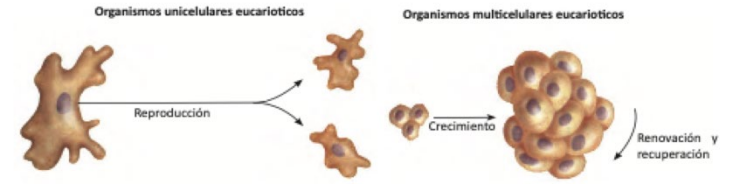
Actividad de exploro:

Una lagartija, cuyo nombre científico es Chemidophorus sp, no necesita de un macho para reproducirse, pues aprovecha una estrategia que le brinda la naturaleza: crear verdaderos clones naturales, es decir, copias genéticamente idénticas a sí misma.

a) ¿Necesitan las hembras de esta especie realizar los procesos de mitosis y meiosis para reproducirse? Explica.
b) ¿Cuál crees que será el sexo de las lagartijas que se originan por medio de este mecanismo reproductivo?
c) ¿Qué ventajas y desventajas crees que tiene este tipo de reproducción?
2. Piensa y responde. a) ¿En qué momento consideras que puedes reconocer que se llevan a cabo procesos de división celular en tu cuerpo? ¿Qué señales te lo indicarían?
b) ¿Por qué es importante que se reduzca el número de cromosomas en la meiosis?
c) ¿Qué pasaría si todas las células de los tejidos de tu cuerpo realizaran meiosis en lugar de mitosis?

Existen dos tipos básicos de reproducción: la asexual y la sexual. En la reproducción asexual (no sexual), la célula progenitora se parte, realiza gemación o se fragmenta para producir dos o más individuos. En la mayoría de los tipos de reproducción asexual eucarionte, las células son el resultado de sucesivas divisiones mitóticas, por lo que los genes y los rasgos

heredados son como los de la célula progenitora. Este grupo de organismos genéticamente idénticos se llama clon. En la reproducción asexual los organismos que están bien adaptados a su ambiente producen generaciones de organismos que estarán igual de adaptados. La reproducción asexual es un proceso rápido y eficiente, en parte porque el organismo no debe gastar tiempo ni energía en encontrar una pareja.

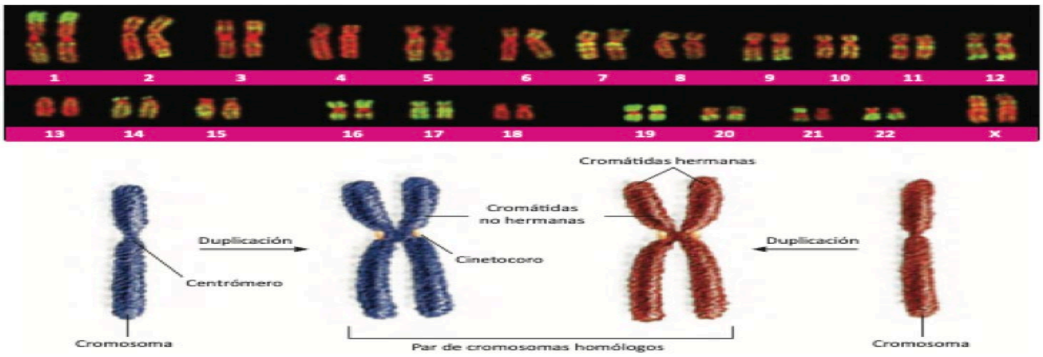


División celular de organismos unicelulares y multicelulares eucarióticos.

En cambio, en la reproducción sexual, intervienen dos células sexuales (gametos) que se unen para formar una sola célula llamada cigoto. En la mayoría de los organismos que se reproducen sexualmente, son dos células progenitoras las que aportan sus gametos (el gameto masculino procede de una célula progenitora y el gameto femenino procede de otra célula progenitora), pero en pocos casos, una única célula progenitora aporta los dos gametos. En el caso de los animales y plantas, el óvulo y los espermatozoides son los gametos. El óvulo fertilizado es el cigoto.

La descendencia obtenida por reproducción sexual no es genéticamente idéntica a sus progenitores, ni entre individuos de la misma, es decir, la reproducción sexual provoca una variación genética en la que algunos de sus descendientes serán capaces de sobrevivir a determinados cambios ambientales, incluso mejor que sus progenitores. Sin embargo, una desventaja de la reproducción sexual es que existe la posibilidad de que algún descendiente con una combinación de rasgos distinta a la de los progenitores, tenga menos posibilidad de sobrevivir que sus progenitores.

Cada cromosoma en una célula somática (célula corporal), vegetal o animal, generalmente es miembro de una pareja de cromosomas. Esta pareja de cromosomas se conoce como cromosomas homólogos y tienen un tamaño, forma y ubicación de los centrómeros similares. Además, algunas técnicas de tinción de los cromosomas generan un patrón de bandas características en los miembros de cada pareja. Los 46 cromosomas humanos corresponden a 23 parejas homólogas. En cada par de cromosomas, uno procede del padre y el otro de la madre.



Micrografía de un cariotipo humano normal femenino (23 pares de cromosomas homólogos). Los cromo- somas homólogos están acomodados desde el par más grande al más pequeño. Además, con la técnica de tinción, los cromosomas generan un patrón de bandas características en los

La característica más importante de los cromosomas homólogos es que contienen información sobre los mismos rasgos genéticos, aunque esta información no tiene por qué ser idéntica.

Los núcleos de las células somáticas, de los cigotos y de las células germinales (las que realizarán meiosis) de los humanos tienen 46 cromosomas, es decir, 23 pares de cromosomas homólogos, se dice que tiene un número cromosómico diploide (2n). Estas células son conocidas como células diploides porque contiene dos juegos de cromosomas. En cambio, si la célula solo contiene un juego de cromosomas, como es el caso de las células sexuales (óvulo y espermatozoides), se dice que tienen número cromosómico haploide (n). Los gametos de los humanos poseen 23 cromosomas, es decir, la mitad del número de cromosomas que poseen las células diploides. Las células sexuales son células haploides.

El número cromosómico haploide de una especie en particular se designa n y el número cromosómico diploide se designa 2n. En el ser humano n = 23 y 2n = 46.

Cuando el espermatozoide y el óvulo se fusionan mediante la fecundación, cada gameto es haploide por lo que aportan cada uno, un juego de cromosomas; de esta forma el número cromosómico se restablece en el óvulo fertilizado (cigoto).

Si cada gameto presentara el mismo número de cromosomas que la célula progenitora, entonces el cigoto tendría el doble de cromosomas que el progenitor. Esta duplicación tendría lugar de generación en generación.

Cuando el cigoto se divide por mitosis para formar las primeras células del embrión, cada célula hija recibe el número diploide de cromosomas y este proceso mitótico se repite en las divisiones mitóticas posteriores.

Actividad de inicio

Revisa el texto anterior e investiga en diversas fuentes el tema de Meiosis y realiza lo siguiente:

1. Representa con un dibujo de la Meiosis
2. Describe los principales eventos que ocurren en la primera división meiótica en relación a: fases, número de células inicial y final, ploidía e intercambio de material genético.
3. Después de describir la primera división meiótica, contesta:

   a) ¿Cómo es el material genético de las 2 células finales?
   b) ¿Qué son las cromátidas recombinadas?

4. Describe los principales eventos que ocurren en la segunda división meiótica en relación a: fases, número de células inicial y final, ploidía e intercambio de material genético.

5. Después analiza lo siguiente:
   a) ¿Cómo sería el material genético de las 4 células finales si no ocurriera el entrecruzamiento y la permutación?

b) ¿Cómo es el material genético de las 2 células finales?

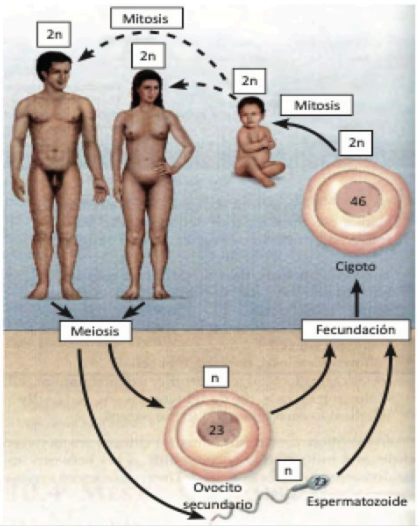
4.3.1.1.2. Meiosis

El término meiosis significa "hacer más pequeño". La **meiosis** es un proceso que reduce el número de cromosomas a la mitad. Los ciclos vitales sexuales en los eucariontes requieren la meiosis. La reproducción sexual implica la fusión de dos células sexuales (gametos) para formar un cigoto. La meiosis permite que cada gameto contenga sólo la mitad del número de cromosomas de la célula progenitora, evitando así que los cigotos posean el doble de cromosomas que sus progenitores.

Las etapas de la meiosis son parecidas a las de la mitosis, con cuatro diferencias importantes:

- La meiosis implica dos divisiones nucleares y citoplásmicas sucesi vas, produciendo cuatro células.
- Aunque son dos divisiones nucleares sucesivas, el ADN y otros componentes del cromosoma, solo se duplican una vez, durante la interfase de la primera división meiótica.

- Cada una de las cuatro células generadas en la meiosis, contiene un número cromosómico haploide, es decir, solo un juego de cromosomas con un representante de cada par homólogo.
- Durante la meiosis, cada par de cromosomas homólogos se mezcla, de tal forma que las células resultantes poseen una combinación de genes única.



Ciclo de vida de los humanos. El varón produce espermatozoides por medio de la meiosis y la mujer óvulos, ambos gametos son haploides (n). Cuando el espermatozoi- de fecunda al óvulo, el cigoto resultante es diploide (2n). El cigoto realiza mitosis para el crecimiento del niño. Cuando ya no hay crecimiento (25 años) la mitosis continúa para reparación.

En la meiosis, una célula realiza dos divisiones celulares y citoplasmáticas conocidas como:

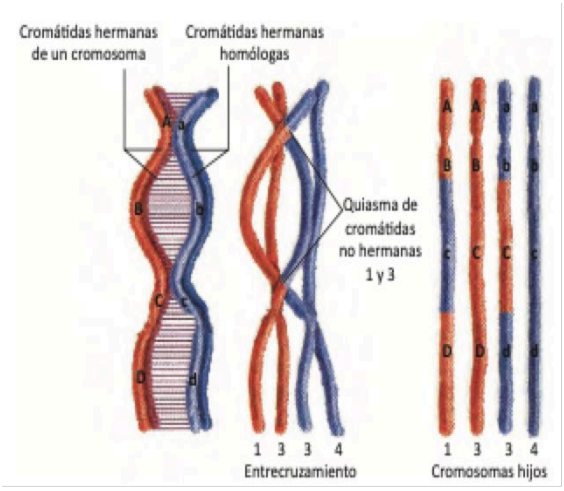
- Primera división meiótica o meiosis I
- Segunda división meiótica o meiosis II

Cada una de las divisiones consta de las etapas de profase, metafase, anafase y telofase. durante la meiosis I, los miembros de cada par de cromosomas homólogos se unen primero, y se separan después, para desplazarse a núcleos distintos. En la meiosis II, las cromátidas hermanas que forman cada uno de los cromosomas duplicados, se separan entre ellas y se distribuyen en núcleos diferentes. A continuación, se describe la meiosis de un organismo con un número cromosómico de 4.

Meiosis I: profase I, metafase I, anafase I y telofase I

Profase I

Al igual que en la mitosis, los cromosomas se duplican durante la fase S de la interfase, antes de que inicie la meiosis. durante la profase I, cada cromosoma duplicado presenta dos cromátidas unidas entre sí por cohesinas. Los cromosomas homólogos se acomodan uno al lado del otro en toda su longitud. Este proceso se llama sinapsis, que significa "unión". En este ejemplo, como el número diploide es 4, la sinapsis genera 2 pares homólogos.



El entrecruzamiento ocurre durante la profase I de la meiosis I. El quiasma muestra el lugar donde se efectúa el entrecruzamiento.

Un miembro decada par homólogo, se denomina homólogo materno, ya que fue heredado del progenitor hembra durantela formación del cigoto; el otro miembro del par homólogo esel homólogo paterno porque fue heredado del progenitor macho. Como cada cromosoma se duplicó durante la interfase y ahora posee dos cromátidas, por lo tanto la sinapsis es la asociación de 4 cromátidas. Esta asociación resultante se llama tétrada. El número de tétradas por profase I es igual al número haploide cromosomas. En este ejemplo de una célula animal con número diploide de 4, se forman 2 tétradas (8 cromátidas en total); en una célula humana en profase I, se forman 23 tétradas (92 cromátidas en total). Los cromosomas homólogos se asocian estrechamente durante la sinapsis.

Mientras se mantienen unidos los cromosomas homólogos en sinapsis, se efectúa el entrecruzamiento (crossingover en inglés) de los cromosomas, un proceso en el que las enzimas rompen y reúnen las moléculas de Adn, permitiendo que los cromosomas homólogos apareados intercam- bien el material genético (ADN). El entrecruzamiento produce nuevas com- binaciones de genes. La recombinación genética durante el entrecruzamiento incrementa considerablemente la variación genética (una nueva combinación de rasgos) entre la descendencia obtenida por reproducción sexual.

Además de los procesos únicos de la sinapsis y el entrecruzamiento, durante la profase I, se realizan procesos similares a los de la profase mitótica: se forma un huso constituido de microtúbulos y otros componentes. En las células animales, un par de centríolos se desplaza a cada polo y se forman los microtúbulos astrales. La envoltura nuclear desaparece en la profase I tardía y es

cromosomas homólogos se unen entre sí, solo en determinadas regiones llamadas quiasmas. Los quiasmas muestran el lugar donde se efectúa el entrecruzamiento y tienen forma de X.

Metafase I

durante la metafase I, los pares de cromosomas homólogos se separaran de las tétradas y se alinean en el plano metafásico (ecuatorial). Los dos cinetocoros hermanos de un cromosoma duplicado están unidos a un mismo polo mediante fibras del huso, mientras

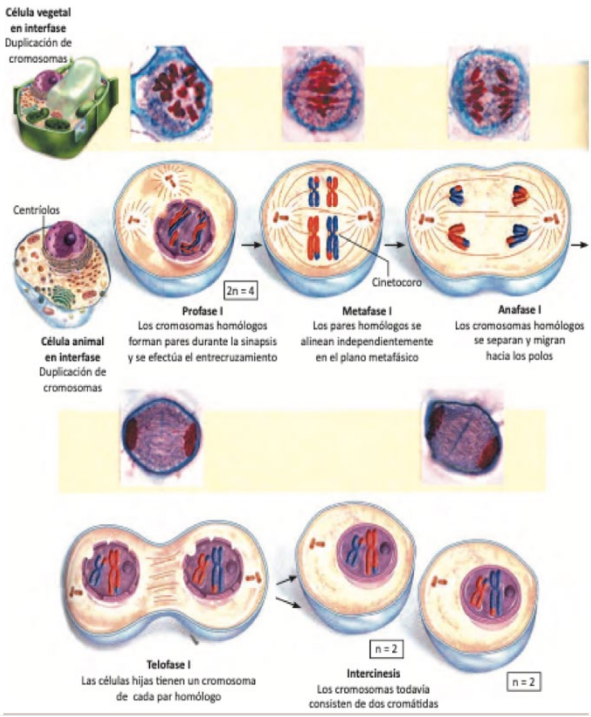
que los cinetocoros hermanos del otro cromosoma homólogo están unidos al polo opuesto. A diferencia de la mitosis en que los cinetocoros hermanos están unidos a polos opuestos.

Anafase I

durante la anafase I, los cromosomas homólogos se desplazan a polos opuestos, adquiriendo una forma de V, con el cinetocoro en el vértice de la V. Cada polo recibe una combinación aleatoria de cromosomas paternos y maternos, pero solo un miembro de cada pareja de homólogos está pre- sente en cada polo. Las cromátidas hermanas permanecen unidas por sus regiones centroméri- cas. En la anafase mitótica, las cromátidas hermanas se separan y se desplazan a polos opuestos.

Telofase I

Durante la telofase I, las cromátidas se descondensan, la envoltura nuclear se reorganiza y reaparecen los nucleólos. Cada núcleo de la telofase I contiene un número haploide cromosomas, pero cada cromosoma está formado por un par de cromátidas (un cromosoma doble). En nuestro ejemplo, dos cromosomas duplicados se sitúan en cada polo, con un total de 4 cromátidas; el ser humano tiene 23 cromosomas dobles (46 cromátidas) en cada polo.



Micrografía de célula vegetal y dibujo de una célula animal de las fases de Meiosis I: profase I, metafase I, anafase I y telofase I

En seguida de la telofase tiene lugar la intercinesis. Este proceso es similar a la interfase que se efectúa entre las divisiones mitóticas. Dado que no es una interfase verdadera porque no existe ninguna fase S y por lo tanto el Adn no se replica porque los cromosomas están duplicados. La intercinesis es muy breve en la mayoría de los organismos y en algunos no existe.

Meiosis II: profase II, metafase II, anafase II y telofase II

Profase II

La profase II es muy parecida en muchos aspectos a la profase mitótica. No se forman pares de cromosomas homólogos (de hecho sólo un miembro de cada par está presente en el núcleo) ni entrecruzamiento.

Metafase II

durante la metafase II los cromosomas se alinean en los planos medios de las células. En la metafase II los cromosomas se colocan en grupos de 2 (como en la metafase mitótica).

Anafase II

durante la anafase II las cromátidas unidas a las fibras del huso por sus cinetocoros, se separan y se mueven hacia polos opuestos, tal como sucede en la anafase mitótica. Al igual que en la mitosis, cada cromátida se llama ahora cromosoma.

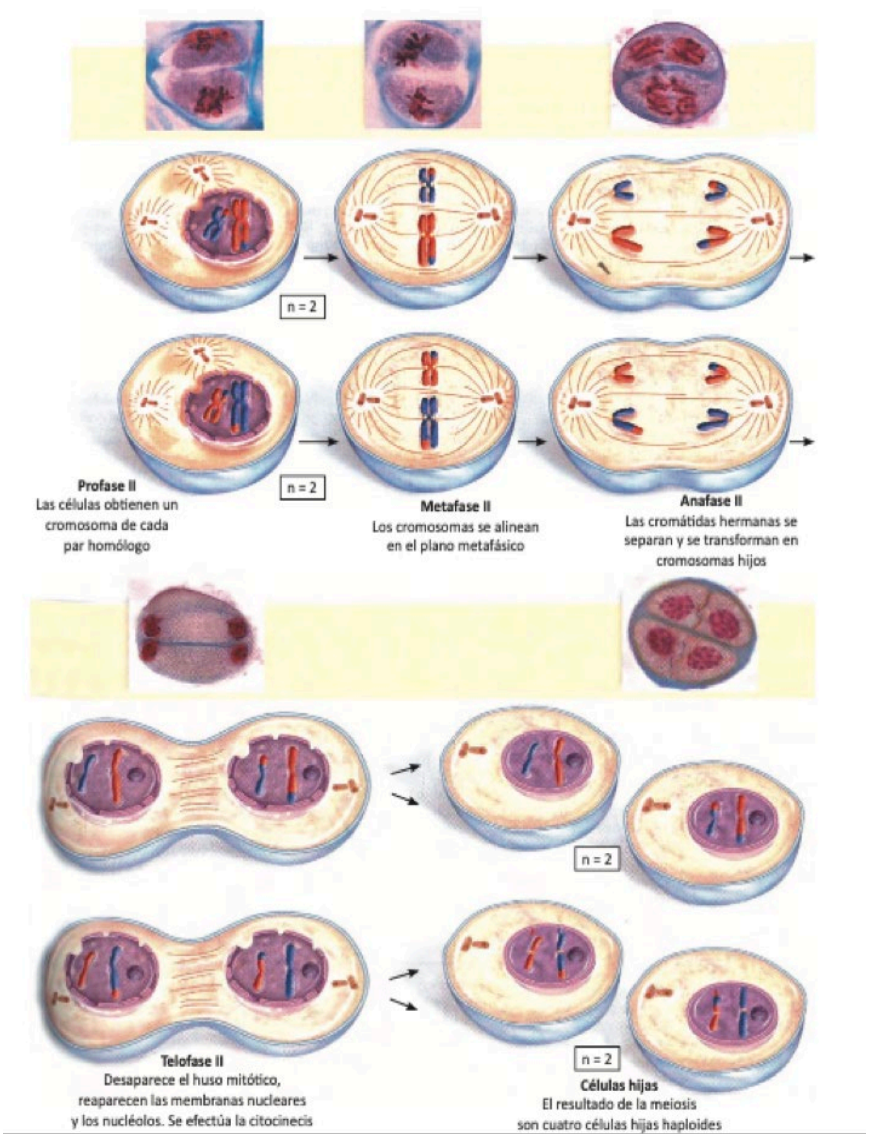
Telofase II

durante la telofase II, hay un miembro de cada par de cromosomas homólogos en cada polo. cada uno es un cromosoma no duplicado (cromosoma sencillo). Las envolturas nucleares se reensamblan, el cromosoma se alarga gradualmente para formar las hebras delgadas de cromatina y reaparecen los nucleólos. En seguida se efectúa la citocinesis.

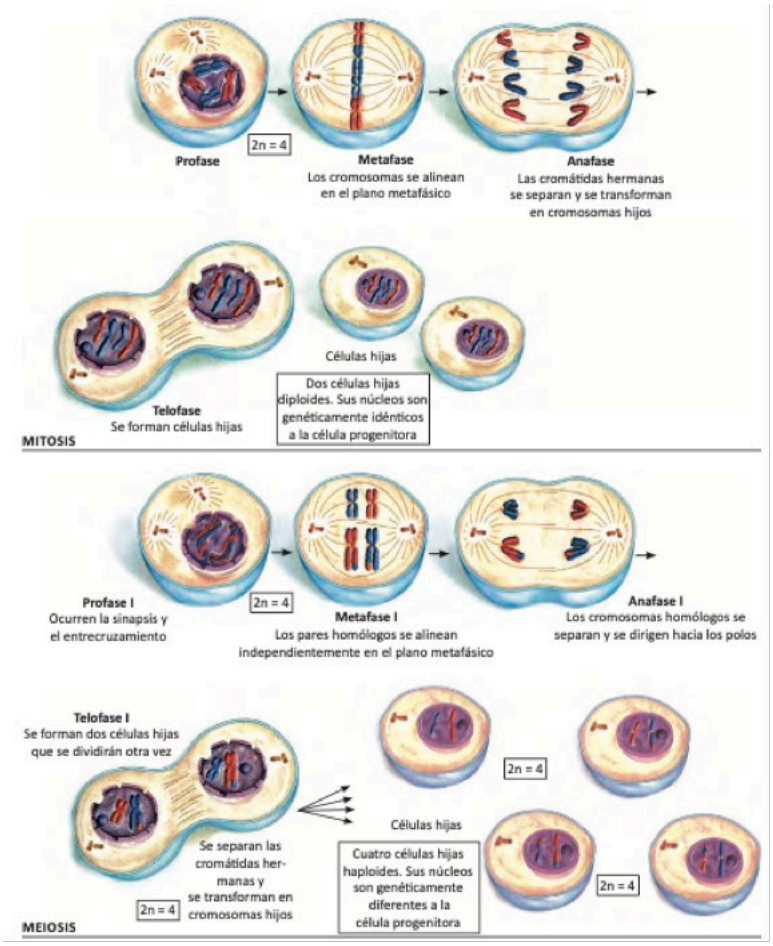
Las dos divisiones sucesivas de la meiosis dan lugar a cuatro núcleos haploides que con- tienen un cromosoma de cada tipo. Cada célula haploide resultante tiene una combinación genética distinta, esto es debido a que se intercambian fragmentos de ADN entre los homólogos maternos y paternos durante el entrecruzamiento.

Además, durante la meiosis, los cromosomas paternos y maternos de pares homólogos se separan independientemente.

Los cromosomas se mezclan de tal manera que un miembro de cada par se distribuye al azar en uno de los polos de la anafase I.



Micrografías de célula vegetal y dibujos de célula animal de las fases de la meiosis II: profase II, meta- fase II, anafase II y telofase II.



Comparación entre mitosis y meiosis. La mitosis produce 2 células hijas con el mismo número de cromo- somas que la célula progenitora (diploides), mientras que la meiosis produce 4 células con la mitad del número de cromosomas (haploides).

4.3.1.1.3 Comparativo entre los dos tipos de división celular

La mitosis y meiosis comparten muchas características similares, sin embargo, entre ellas existen diferencias específicas porque producen diferentes tipos de células.

La mitosis es una única división nuclear en la que las cromátidas hermanas se separan entre sí. Si se lleva a cabo la citocinesis, se distribuyen entre las dos células hijas diploides que son ge- néticamente idénticas entre sí y con la célula progenitora. durante la mitosis, los cromosomas homólogos no se asocian físicamente en ningún momento. Mediante la mitosis se multiplican las células somáticas (corporales) y son diploides. La mitosis se realiza para el crecimiento de los individuos y para reparación de tejidos (heridas, quemaduras).

En la meiosis, una célula diploide realiza dos divisiones nucleares sucesivas: meiosis I y meiosis II. En la profase I de la meiosis, los cromosomas homólogos forman sinapsis para generar tétradas. Durante la meiosis I, los cromosomas homólogos se

separan y las cromátidas hermanas durante la meiosis II. La meiosis finaliza con la producción de cuatro células hijas haploides que son genéticamente distintas. El destino de estas células depende del tipo de ciclo vital; en las células animales se diferencian en gametos, mientras que en las plantas se distinguen en espo- ras. Tanto los gametos como las esporas son células haploides.

Compara la metafase mitótica y la metafase I, solamente en la metafase I están los pares de cromosomas homólogos en el plano metafásico. En la anafase I se separan los pares de cromosomas homólogos y se forman células hijas haploides. Los cromosomas azules fueron aportados por el progenitor paterno y los cromosomas rojos fueron aportados por el progenitor materno. El intercambio de color entre las cromátidas no hermanas, representa el entrecruzamiento que ocurrió durante la meiosis I.

Gametogénesis

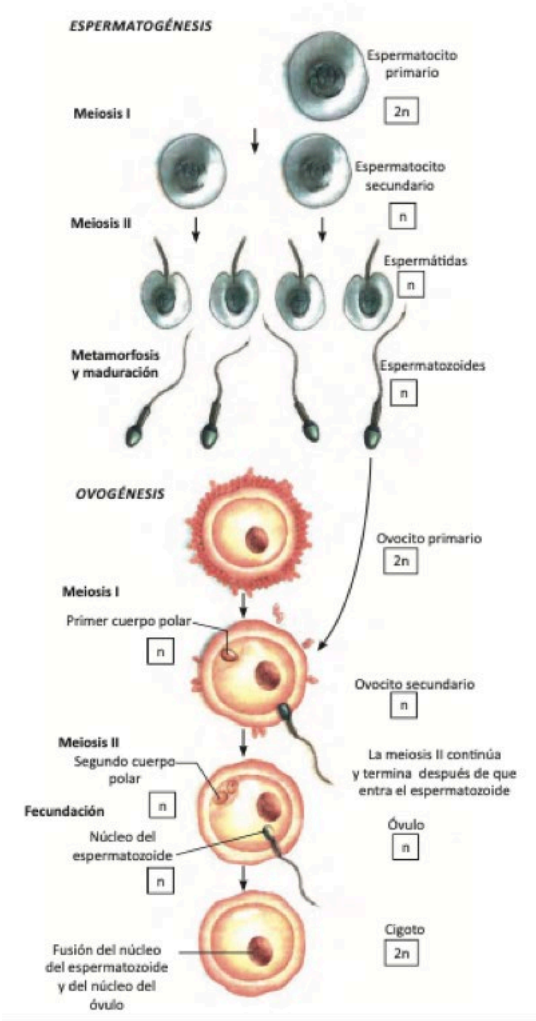
Se conoce como gametogénesis la formación de los gametos. La gametogénesis masculina conocida como espermatogénesis forma cuatro espermatozoides por cada célula que experimenta meiosis. En cambio, la gametogénesis femenina, denominada ovogénesis forma solamente un óvulo por cada célula que experimenta meiosis.

Espermatogénesis

En los humanos, como en la mayoría de los animales, los sexos están separados. En los machos, la espermatogénesis ocurre dentro de los testículos, y en las hembras, la ovogénesis ocurre dentro de los ovarios. Los testículos contienen células madre llamadas espermatogonias, y estas se someten a la espermatogénesis produciendo espermatocitos primarios. Los espermatocitos primarios cargados con 46 cro- mosomas son sometidos a la meiosis I para formar dos espermatocitos secundarios, cada uno con 23 cromosomas dobles. Los espermatocitos secundarios se someten a la meiosis II para producir cuatro espermátides con 23 cromosomas hijas. Después, los espermátides se diferencian en cuatro espermatozoides. En la excitación sexual, el esperma entra a los ductos y sale del pene en la eyaculación.

Ovogénesis

Los ovarios contienen células madre llamadas ovogonias que activamente producen ovocitos primarios durante el desarrollo fetal. Los ovocitos primarios cargados con 46 cromosomas se someten a la ovogénesis una vez que la hembra es sexualmente madura. Los ovocitos primarios, a través de la meiosis I, se dividen en dos células, cada una de las cuales posee 23 cromosomas. Una de estas células, llamada ovocito secundario, recibe casi todo el citoplasma. La otra célula es llamada primer cuerpo polar que puede desintegrarse o dividirse nuevamente. El ovocito secundario comienza la meiosis II pero se detiene en la metafase II. Entonces, el ovocito secundario sale del ovario y entra en el oviducto, donde los espermatozoides pueden estar presentes. Si no hay espermatozoides en el oviducto o el ovocito no es fecundado, éste se desintegrará eventualmente. Si un espermatozoide fecunda al ovocito secundario, este se activa y continúa con la meiosis II, y se forma el segundo cuerpo polar. Al término de la ovogénesis, seguido de la fecundación por un espermatozoide, entonces habrá un óvulo y de dos a tres cuerpos polares. Los cuerpos polares son una forma de almacenaje de cromosomas mientras que el óvulo retiene la mayoría del citoplasma. Tras la fecundación, las moléculas de reserva contenidas en el citoplasma, serán utilizadas por el embrión en desarrollo.



Espermatogénesis y ovogénesis en mamíferos. La espermatogénesis produce 4 espermatozoides, mientras que la ovogénesis produce un ovocito secundario y dos cuerpos polares.

El óvulo maduro tiene 23 cromosomas pero el cigoto resultante de la fusión de los núcleos del espermatozoide y del óvulo ahora tiene 46 cromosomas. En otras palabras, la fecundación res- taura la diploidía de los cromosomas. después de la fecundación, el cigoto resultante se somete a la mitosis durante el desarrollo del feto (etapa antes del nacimiento). después del nacimiento, la mitosis está involucrada en el crecimiento del niño y para reparar los tejidos en todo momento. como resultado de la mitosis, la cual ocurre durante la mayoría del ciclo de vida, cada célula somática en el organismo tiene el mismo número de cromosomas.

Actividad de aprendizaje

Para la siguiente actividad revisa el tema de Gametogénesis (espermatogénesis y ovogénesis) y realiza lo siguiente.

1. Formen equipos de trabajo, revisen los esquemas de espermatogénesis y ovogénesis en el texto. Identifiquen donde ocurre tanto la primera como la segunda divisiones meióticas.
2. Revisen la información sobre estos temas y respondan las siguientes preguntas:
   a)¿Cuántas divisiones celulares observan en cada esquema?
   b)¿Qué ocurre con los cromosomas en cada división?
   c) ¿Qué diferencia existe entre ovogonias y ovocitos?
   d)Cuántos gametos se produce en la ovogénesis y cuantos en la espermatogénesis?

3. Expliqué porque la gemetogénesis es resultado de la meiosis
4. Elaboren un cómic en el que representen los procesos de gametogénesis. Deben asegurarse que quede claro lo siguiente:
   a) Qué la gametogénesis es resultado de la meiosis
   b) Identificar cada una de las fases de la meiosis
   c) Lo que ocurre a los cromosomas en cada una de las fases
   d) La diferencia entre ovogonias y ovocitos, así como entre espermatocitos y espermátidas.
   e) El número preciso de gametos resultantes
5. Compartan con el resto del grupo el comic realizado.

He incorporado a mi saber

1. De lo que aprendiste en esta unidad ¿Qué te gustó más? ¿Por qué?

   _____
   _____
   _____
   _____
   _____

   De los temas que revisaste, ¿Qué otras cosas te gustaría saber? ¿Qué puedes hacer para conseguir información sobre estos temas?

   _____
   _____
   _____
   _____
   _____

   ¿Cómo puedes aplicar en tu vida cotidiana los conocimientos que aprendiste en esta unidad?

   _____
   _____
   _____
   _____
   _____